



Työterveyslaitos | Arbetshälsöinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

Kobolttialtistuminen Suomessa 1979-2018

BIOMONITOROINNIN TILASTO

Mirja Kiilunen





Työterveyslaitos | Arbetshälsöinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

Kobolttialtistuminen Suomessa 1979-2018

BIOMONITOROINNIN TILASTO

Mirja Kiilunen

Työterveyslaitos

Helsinki



Työterveyslaitos

PL 40

00032 Työterveyslaitos

www.ttl.fi

Piirroksat: Mirja Kiilunen

© 2019 Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman asianmukaista lupaa.

ISBN 978-952-261-900-6 (nid.)

ISBN 978-952-261-901-3 (PDF)

PunaMusta Oy, Tampere 2019

TIIVISTELMÄ

Tämän kirjan tiedot perustuvat Työterveyslaitoksella vuoden 2018 loppuun mennessä työperäisen altistumisen selvittämistä varten tullessiin virtsan kobolttinäytteisiin. Virtsan kobolttianalyysijä on tehty vuodesta 1979 alkaen. Analyysien rinnalla on ollut koko seurantajakson ajan laaduntarkkailunäytteet ja menetelmä on akkreditoitu 1990-luvulla. Tulokset ovat näin ollen vertailukelpoisia koko tutkimusjaksolla. Tänä aikana tehtiin 6.568 virtsan kobolttimittauksia.

Tulokset koodattiin vuoden 2008 toimialaluokituksen mukaan Patentti- ja rekisterihallituksen ja Verohallinnon yhteisessä yritystietojärjestelmässä työpaikan ilmoittamalle toimialalle. Tuloksia tarkasteltiin lisäksi työtehtävän, iän, sukupuolen ja tupakointitietojen perusteella. Tulosten arvioinnissa käytettiin toimenpiderajana virtsan koboltille 130 nmol/l, jonka sosiaali- ja terveysministeriö asetti (1214/2016) viiteraja-arvoiksi koboltille ja sen epäorgaanisille yhdisteille altistuttaessa vuonna 2016.

Virtsan kobolttipitoisuudet ovat olleet erittäin korkeita koko seurantajakson ajan. Virtsan kobolttin ohjeraja-arvon 130 nmol/l (STM as. 538/2018) ylitysten määrä on edelleen merkittävä vuonna 2018 (yli 14 %), vaikkakin ylitysten määrä näyttäisi laskevan jonkin verran.

Eniten altistumismittauksia on tehty 'muiden epäorgaanisten peruskemikaalien valmistuksessa', 'työkalujen valmistuksessa', 'puun sahauksessa, höyläyksessä ja kyllästyksessä' ja 'muiden metallituotteiden valmistuksessa'. Korkeimmat virtsan kobolttin mediaanipitoisuudet niiltä toimialoilta, joissa oli 20 tai enemmän mittauksia koko tarkastelujakson 1979-2018 aikana löytyivät 'metallilankatuotteiden, ketjujen ja jousien valmistuksesta', 'lyijyn, sinkin ja tinan valmistuksesta', 'tieliikenteen tavarankuljetuksesta', 'muiden epäorgaanisten peruskemikaalien valmistuksesta' ja 'sähköasennuksista'. Vuonna 2018 tilanne oli selkeästi erilainen yli 10 näytettä tulleilla toimialoilla, korkeimmat mediaanipitoisuudet olivat 'muiden epäorgaanisten peruskemikaalien valmistuksessa' (62 nmol/l), 'ongelmajätteen käsittelyssä, loppusijoituksessa ja hävittämisessä' (46 nmol/l), 'muiden metallituotteiden valmistuksessa' (37 nmol/l), 'metallien käsittelyssä ja päällystämässä' (28 nmol/l), 'työkalu- ja tarviketukku kaupassa' (26 nmol/l) ja 'työkalujen valmistuksessa' (26 nmol/l). Nämä arvot olivat selkeästi alle ohjeraja-arvon 130 nmol/l. Ongelmana näyttääkin olevan yksittäiset suuret altistumiset, jotka nostavat vuoden keskiarvot ja 95. persenttiilit hyvin korkeiksi.

Vaikka koboltille on todettu olevan myös hyvin pitkä puoliintumisaika, niin altistuvien työntekijöiden ryhmässä ei voitu havaita kobolttin kertymistä elimistöön iän myötä vaan päin vastoin altistumistasot laskivat keskimääräisesti 40 ikävuoden jälkeen. Myöskään tupakoinnilla ei näyttänyt olevan vaikutusta altistumiseen. Tämä johtunee siitä, että tupakoinnin kautta saatava kobolttin määrä on hyvin pieni verrattuna altistumiseen. Naisia

altistuneista oli selkeästi vähemmän kuin miehiä ja sukupuolella ei näyttäisi olevan merkitystä altistumiseen.

Asentaja-, juottaja-, kaivostyöntekijä- ja kemikaalityöntekijäryhmissä oli suurimmat altistumiset. Kuitenkin ne muodostivat vain 8,8 % kaikista ohjeraja-arvon ylityksistä. Prosessityöntekijöitä, huolto- ja laitoshmiehiä ei voitu luokitella mihinkään tiettyyn työntekijäryhmään kuuluvaksi. Ne jäivät suuren osin luokittelun ulkopuolelle. Kokonaisaltistumista seurattaessa vuositason suurimmissa altistuvien työntekijöiden ryhmissä, voidaan havaita, että kemikaalityöntekijöiden, kovametallin kanssa työskentelevien, hiojien ja terämiesten keskimääräiset altistumistasot ovat laskeneet huomattavasti viime vuosikymmenen korkeista pitoisuuksista – tosin silloin myös näytemäärät olivat vähäisempiä – ja ovat pysyneet melko vakaina viimeiset vuodet. Selkeät nousut pienemmissä työntekijäryhmissä aiheutuvat havaintojen pienestä määrästä tarkasteluvuotena ja yhdestä korkeasta pitoisuudesta tässä ryhmässä.

ABSTRACT

This book is based on the data of urinary cobalt measurements collected until 2018 in the database of the biomonitoring of occupationally exposed workers at the Finnish Institute of Occupational Health. Urine cobalt analyzes have been performed since 1979. There have been quality control samples throughout the follow-up period and the method has been accredited in the 1990s. The results are thus comparable throughout the study period. During this time, 6,668 urinary cobalt measurements were made.

The results were coded according to the 2008 classification of the business information system of the Finnish Patent and Registration Office and the Tax Administration. The results were also divided according to task, workplace, age, sex and smoking habits. For evaluating the results, we used the biological action limit (BAL) for urinary cobalt 130 nmol/l; which the Ministry of Social Affairs and Health (Decree 1214/2016) set as the indicative limit value for cobalt and its inorganic compounds in 2016.

Urine cobalt concentrations have been very high throughout the follow-up period since 1979 to this day. The amount of values over the indicative limit value for urinary cobalt 130 nmol/l (STM 538/2018) is still remarkable in 2018 (over 14%) although the number of samples exceeding the limit value appears to decrease slightly.

The most biomonitoring exposure tests were done in the 'manufacture of other inorganic basic chemicals', the 'manufacture of tools', the 'sawmilling and planing of wood' and the 'manufacture of other fabricated metal products n.e.c.'. The highest urinary cobalt median concentrations in those classification areas, where 20 or more measurements were done during the study period from 1979 to 2018, were found in the 'manufacture of wire products, chain and springs', the 'lead, zinc and tin production', the 'freight transport by road', the 'manufacture of other inorganic basic chemicals' and the 'electrical installation'. In 2018, the situation was clearly different in classification areas with more than 10 samples, with the highest median concentrations were in the 'manufacture of other inorganic basic chemicals' (62 nmol/l), the 'treatment and disposal of hazardous waste' (46 nmol/l), the 'manufacture of other fabricated metal products n.e.c.' (37 nmol/l), the 'treatment and coating of metals' (28 nmol/l), the 'wholesale of tools and materials' (26 nmol/l) and the 'manufacture of tools' (26 nmol/l). These values were clearly under the limit value of 130 nmol/l. The problem seems to be individual high exposures that raise both the average and the 95th percentile of the year very high.

Although cobalt has also been found to have a very long half-life, there was no growing trend in urinary cobalt concentrations in the group of exposed workers, but on the contrary, exposure levels fell on average after 40 years of age. Similarly, cigarette smoking did not seem to affect the exposure. This is probably due to the fact that the amount of cobalt



obtained through smoking is very small compared to the exposure. The number of women exposed to cobalt was clearly fewer than men and gender does not seem to be relevant to exposure.

The mostly exposed groups were the mechanics, solders, miners and the chemical workers. However, they accounted for only 8.8% of all exceedances of the limit value. Process workers, maintenance and service could not be classified to any worker group. They were mainly excluded from classification. By monitoring total exposure on an annual basis in the largest groups of exposed workers, it can be noticed, that the average exposure levels of chemical workers, carbide workers, grinders and blade men have fallen significantly from the high levels of the last century - although the number of samples was then also lower - and have remained fairly stable in recent years.

SISÄLLYS

1	Biomonitorointimittaukset	8
1.1	Altistumismittausten määrät ja pitoisuudet eri vuosina.....	9
2	Työpaikat ja toimialat	12
3	Työtehtävät	17
4	Altistuminen ja ympäristötekijät	24
5	Ohjeraja-arvon ylitykset	27
6	Yhteenveto	31
7	Tulevaisuudessa huomioitava.....	32
Lähteet	33

1 BIOMONITOROINTIMITTAUKSET

Tämän kirjan tiedot perustuvat Työterveyslaitoksella työperäisen altistumisen selvittämistä varten tulleisiin virtsan kobolttinäytteisiin vuosina 1979–2018. Tänä aikana tehtiin 6 568 virtsan kobolttimittauksia. Kaikki mittaukselliset tulokset on standardisoitu virtsan suhteelliseen tiheyteen 1,021 kg/l. Tulosten arvioinnissa käytettiin toimenpideraja 130 nmol/l, joka vastaa ilman kobolttipitoisuutta 10 µg/m³. Sosiaali- ja terveysministeriö asetti kyseisen ohjearja-arvon virtsan kobolttipitoisuudelle vuonna 2016 (1214/2016).

Näytteet luokiteltiin toimialoittain. Toimialaluokittelussa käytettiin yritys- ja yhteisötietojärjestelmää (YTJ), joka on Patentti- ja rekisterihallituksen ja Verohallinnon yhdessä ylläpitämä tietojärjestelmä. Työpaikat ovat ilmoittaneet ensisijaisen toimialansa yritysrekisteriin, ja siellä ilmoitettu toimiala liitettiin työpaikan näytteisiin. Toimialaluokitus perustuu vuoden 2008 toimialaluokitukseen TOL 2008 (Suomen virallinen tilasto SVT).

Suuri joukko yrityksistä oli lopettanut toimintansa tai sulautunut toisiin yrityksiin vuosien 1979–2018 aikana, joten toimiala pyrittiin hakemaan ajankohdalta, jolloin näyte oli otettu. Yritysten näytteet yhdistettiin saman nimen alle, jos ne olivat sulautuneet toisiinsa tai käytössä oli yrityksen rinnakkaisnimi. Järjestely saattoi muuttaa joidenkin yritysten toimialan toiseksi, mutta yleensä ne olivat hyvin lähellä toisiaan. Osa näytteistä ei pystytty liittämään mitään yritystietoa, koska ne olivat tulleet vain laboratorion läheteellä.

Työpaikkatietoja liitettiin näytteeseen käyttäen hyväksi samanaikaisesti tulleita näytteitä ja muita samasta laboratorion tulleita tietoja. Samoin työtehtäviä ja tupakointitietoja täydennettiin silloin, kun se oli mahdollista.

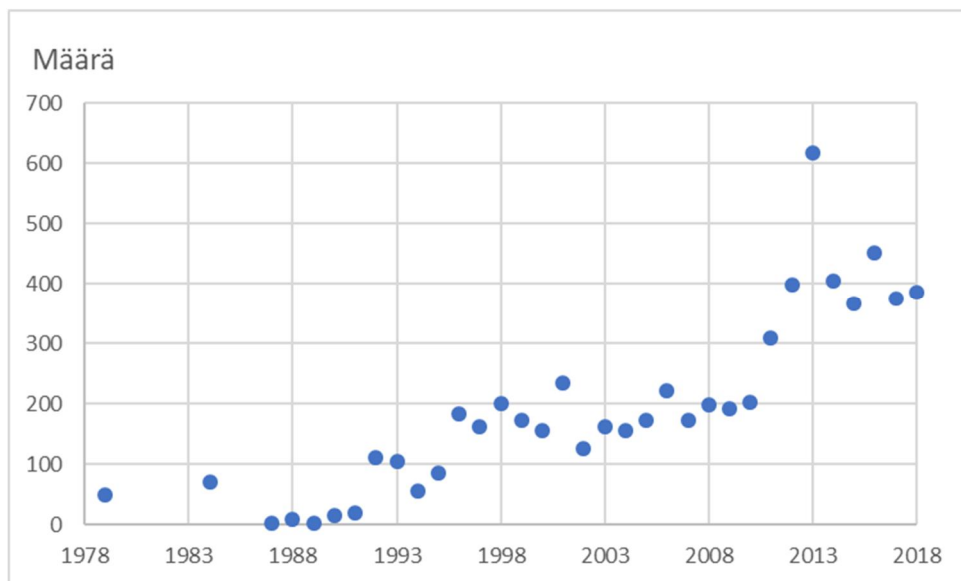
Koko suurannan ajan laboratoriossa on ollut käytössä laaduntarkkailuohjelma, jossa on käytetty sisäisiä niin kaupallisia kuin itse valmistettuja kontrollinäytteitä ja osallistuttu ulkoisiin laaduntarkkailuohjelmiin vuodesta 1982 alkaen. Täten tulokset ovat vertailukelpoisia koko seurantajakson ajalta. Suurimmat pitoisuudet voivat myös olla likaantuneita näytteenotossa, mutta koska edelleen löydetään yli 6 000 nmol/l pitoisuuksia on hyvin vaikea vetää rajaa, milloin näyte tulisi hylätä tilastollisesta käsittelystä. Yritysten käsittelyssä on mukana kaikki 130 nmol/l ylitykset. Lisäksi on tehty yhteenveto 130 nmol/l ylityksistä, joiden virtsan kobolttipitoisuudet ovat 2000 nmol/l tai sen alle.

Tilastollisiin laskuihin käytettiin SAS Enterprise Guide versio 7.15, 2017 SAS Institute Inc. USA -ohjelmaa.

Tässä kokoelmassa olevat tilastotiedot voivat poiketa aiemmin julkaistuista vuositiedoista, koska mukana on myös tutkimustarkoituksiin tehty altistumismittaukset. Lisäksi näytteenottoajankohtia on varmistettu, jotta näyte kuvaisi todellista altistumista.

1.1 Altistumismittausten määrät ja pitoisuudet eri vuosina

Vuonna 2016 analysoitiin yli 600 näytteestä virtsan kobolttipitoisuus. Vuonna 1989 näytteitä oli vain kolme kappaletta (Kuva 1). Korkein virtsan kobolttipitoisuus mitattiin vuonna 2013 lähes 17 000 nmol/l. Keskiarvoisesti pitoisuudet ovat kuitenkin laskeneet vuosikymmenien aikana. (Taulukko 1).



Kuva1. Virtsan kobolttimittausten määrä vuosittain.

Taulukko1. Virtsan kobolttipitoisuuksien näytemäärät, mediaanit, keskiarvot, 95. persentiilit ja maksimiarvot vuosina 1979–2018.

Vuosi	N	Md nmol/l	ka. nmol/l	95.per. nmol/l	maks. nmol/l
1979	49	1160	1726	5450	6096
1984	72	1463	2237	7736	14870
1987	4	147	173	296	296
1988	10	112	164	369	369
1989	3	132	133	164	164
1990	16	16	1249	7629	7629

Vuosi	N	Md nmol/l	ka. nmol/l	95.per. nmol/l	maks. nmol/l
1991	20	49	125	728	1174
1992	111	77	329	1040	9622
1993	104	45	134	506	915
1994	57	23	80	367	1222
1995	85	16	182	1297	2901
1996	184	32	193	1042	3429
1997	163	18	155	752	3540
1998	201	26	304	1452	6897
1999	173	25	225	1486	4308
2000	157	32	190	1003	4066
2001	234	61	287	1183	7498
2002	126	47	264	1315	6711
2003	163	20	255	1310	4018
2004	156	25	180	878	3615
2005	174	58	300	1618	6278
2006	221	29	116	531	1824
2007	172	30	209	993	2058
2008	199	35	205	682	12286
2009	192	45	168	684	3090
2010	202	41	163	613	2901
2011	309	12	153	917	4435
2012	398	19	141	670	3786
2013	617	14	138	500	16732
2014	405	19	78	325	1928

Vuosi	N	Md nmol/l	ka. nmol/l	95.per. nmol/l	maks. nmol/l
2015	367	16	53	217	1010
2016	452	26	83	334	2065
2017	374	19	63	213	2453
2018	385	32	96	280	6371

2 TYÖPAIKAT JA TOIMIALAT

Näytteitä tuli yhteensä 368 eri yrityksestä. Yritykset luokiteltiin toimialaluokituksen mukaisesti (TOL 2008). Käytössä oleva luokitus perustuu tilastoalan yleisluokitukseen TOL 2002 (Taulukko 2). Tämä on käytössä sekä julkisen hallinnon että yksityisen sektorin tietojärjestelmissä. Näytteitä oli 136 toimialalta.

Taulukko 2. TOL 2002 –pääluokittelu.

Luokitusavain	Toimiala	Pääluokka
A	Maatalous, riistatalous ja metsätalous	01--02
B	Kalatalous	05
C	Kaivostoiminta ja louhinta	10--14
CA	Energiamineraalien kaivu	10--12
CB	Malmien ja mineraalien kaivu pl. energiamineraalit	13--14
D	Teollisuus	15--37
DA	Elintarvikkeiden, juomien ja tupakan valmistus	15--16
DB	Tekstiilien ja tekstiilituotteiden valmistus	17--18
DC	Nahan ja nahkatuotteiden valmistus	19
DD	Sahatavaran ja puutuotteiden valmistus	20
DE	Massan, paperin ja paperituotteiden valmistus; kustantaminen ja painaminen	21--22
DF	Koksin, öljytuotteiden ja ydinpolttoaineen valmistus	23
DG	Kemikaalien, kemiallisten tuotteiden ja tekokuitujen valmistus	24
DH	Kumi- ja muovituotteiden valmistus	25
DI	Ei-metallisten mineraalituotteiden valmistus	26
DJ	Metallien jalostus ja metallituotteiden valmistus	27--28
DK	Koneiden ja laitteiden valmistus	29



Luokitusavain	Toimiala	Pääluokka
DL	Elektroniikka- ja sähkötuotteiden valmistus	30--33
DM	Kulkuneuvojen valmistus	34--35
DN	Muu valmistus	36--37
E	Sähkö-, kaasu- ja vesihuolto	40--41
F	Rakentaminen	45
G	Tukku- ja vähittäiskauppa; moottoriajoneuvojen sekä henkilökohtaisten esineiden ja kotitalousesineiden korjaus	50--52
H	Majoitus- ja ravitsemistoiminta	55
I	Kuljetus, varastointi ja tietoliikenne	60--64
J	Rahoitustoiminta	65--67
K	Kiinteistö-, vuokraus- ja tutkimuspalvelut; liike-elämän palvelut	70--74
L	Julkinen hallinto ja maanpuolustus; pakollinen sosiaalivakuutus	75
M	Koulutus	80
N	Terveystieteiden ja sosiaalipalvelut	85
O	Muut yhteiskunnalliset ja henkilökohtaiset palvelut	90--93
P	Työnantajakotitaloudet sekä kotitalouksien itse tuottamat tavarat ja palvelut omaan käyttöön	95--97
Q	Kansainväliset järjestöt ja ulkomaiset edustustot	98
X	Toimiala tuntematon	99

Toimialaluokittelussa käytetty yritys- ja yhteisötietojärjestelmää (YTJ), toimialaluokitus 2008, ei ollut yksiselitteinen, koska yritykset olivat sulautuneet ja jakautuneet useaan kertaan tarkasteluaikana. Samoin yrityksen nimi oli muuttunut rinnakkaisnimeksi. Luokittelu on kuitenkin pyritty tekemään niin, että se kuvaa parhaiten työtehtäviä. Osa yrityksistä oli suuria konserneja (esimerkiksi 'julkinen yleishallinto', 11 kpl), ja silloin luokitus tehtiin

päätoimialan mukaan. 'Työvoiman vuokraus' (9 kpl) sijoitti työntekijät todellisuudesta poikkeavalle toimialalle kuten lääkärikeskusten, laboratorioden ja sairaalapalveluiden alla olevat 43 näytettä.

Suurimmat määrät näytteitä tuli toimialaluokista 20130 'Muiden epäorgaanisten peruskemikaalien valmistus' (1 056 kpl), 25730 'Työkalujen valmistus' (648 kpl), 16100 'Puun sahaus, höyläys ja kyllästys' (601 kpl) ja 25990 'Muiden metallituotteiden valmistus' (541 kpl). (Taulukko 3)

Taulukko 3. Virtsan kobolttipitoisuuksien näytemäärät, mediaanit, keskiarvot, 95. persenttiilit ja maksimiarvot toimialoittain niiltä toimialoilta, joilla oli vähintään 30 mittausta vuosina 1979 – 2018.

Toimiala	N	Md	ka.	95.per.	maks.
Aseiden ja ammusten valmistus	113	10	24	118	154
Asuin- ja muiden rakennusten rakentaminen	38	18	90	446	955
Kaivos-, louhinta- ja rakennuskoneiden valmistus	57	9	25	101	207
Keraamisten talous- ja koriste-esineiden valmistus	253	6	9	26	80
Kiinteistöjen siivous	44	7	38	184	449
Kuparin valmistus	37	9	23	81	209
Lyijyn, sinkin ja tinan valmistus	165	203	578	2441	7498
Lämpö-, vesijohto- ja ilmastointiasennus	69	64	152	836	1720
Metallien käsittely ja päällystäminen	98	19	160	1297	3220
Metallien työstö	45	14	65	262	1074
Metallilankatuotteiden, ketjujen ja jousien valmistus	288	207	965	4315	14870
Muiden epäorgaanisten peruskemikaalien valmistus	1056	125	323	1273	12286
Muiden laitteiden korjaus ja huolto	90	59	204	587	6371
Muiden metallituotteiden valmistus	541	84	252	1183	6711
Muiden muovituotteiden valmistus	61	8	19	34	506



Toimiala	N	Md	ka.	95.per.	maks.
Muiden värimetallien valmistus	177	8	15	57	228
Muiden värimetallimalmien louhinta	98	4	5	9	40
Muu muualla luokittelematon erikoistunut rakennustoiminta	40	56	113	333	376
Muu rakennuspuusepäntuotteiden valmistus	154	11	25	93	379
Muu tekninen palvelu	385	6	107	295	16732
Muuta kaivostoimintaa ja louhintaa palveleva toiminta	30	4	5	10	13
Ongelmajätteen käsittely, loppusijoitus ja hävittäminen	92	45	124	571	1277
Paperi-, kartonki- ja pahviteollisuuden koneiden valmistus	114	21	87	378	657
Paperin, kartongin ja pahvin valmistus	86	12	28	129	296
Pesulapalvelut yrityksille	30	17	56	203	428
Puun sahaus, höyläys ja kyllästys	601	10	29	132	1174
Puunkorjuu	116	10	18	61	172
Sähköasennus	31	103	295	892	3001
Teollisuuden koneiden ja laitteiden ym. asennus	110	6	11	43	87
Tieliikenteen tavarankuljetus	44	167	383	1069	3615
Työkalu- ja tarviketukkukauppa	48	27	52	213	430
Työkalujen valmistus	648	66	186	856	5330
Vanerin ja vaneriviilun valmistus	98	7	22	124	288

Suurimmat virtsan kobolttipitoisuudet olivat, yli 3 000 nmol/l, 'muussa teknisessä palveluksessa', 'metallilankatuotteiden, ketjujen ja jousien valmistuksessa', 'muiden epäorgaanisten peruskemikaalien valmistuksessa', 'lyijyn, sinkin ja tinan valmistuksessa', 'muiden



metallituotteiden valmistuksessa', 'muiden laitteiden korjauksessa ja huollossa', 'työkalujen valmistuksessa', 'tieliikenteen tavarankuljetuksessa', 'metallien käsittelyssä ja päällystämässä' ja 'sähköasennuksessa'. Keskiarvoisesti suurimmat altistumiset löytyivät 'metallilankatuotteiden, ketjujen ja jousien valmistuksessa' (Md 207 nmol/l, ka. 965 nmol/l), 'lyijyn, sinkin ja tinan valmistuksessa' (Md 203 nmol/l, ka. 578 nmol/l), 'tieliikenteen tavarankuljetuksessa' (Md 167 nmol/l, ka. 383 nmol/l) ja 'muiden epäorgaanisten peruskemikaalien valmistuksessa' (Md 125 nmol/l, ka. 323 nmol/l). Suurin yksittäinen virtsan kobolttipitoisuus mitattiin 'muussa teknisessä palvelussa'.

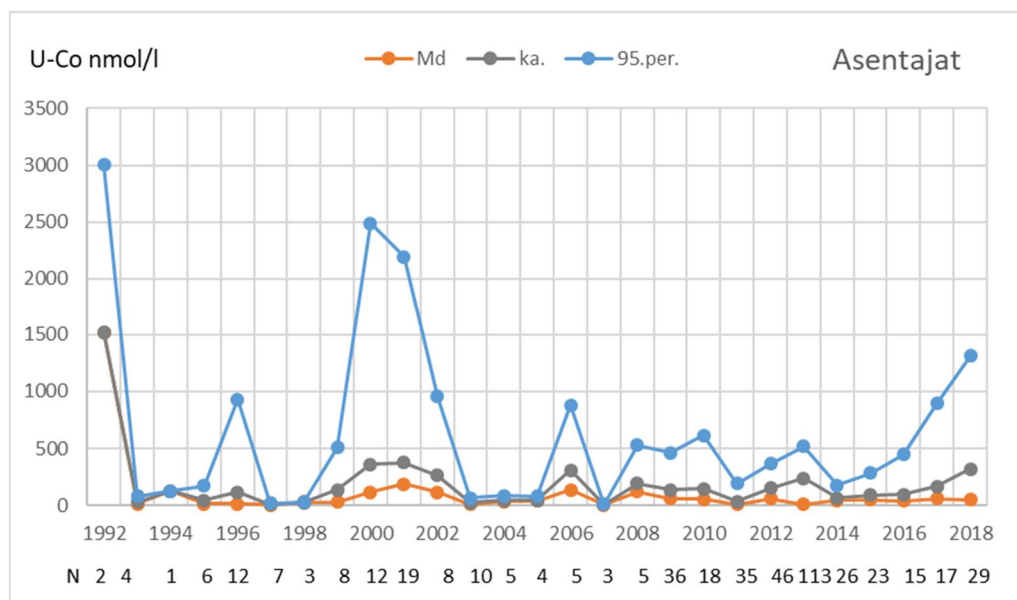
3 TYÖTEHTÄVÄT

Työtehtävät jaettiin suurempiin ryhmiin, koska tehtävänimikkeitä oli yli 360 erilaista. Yli 1500 näytettä oli sellaisia, joita oli vain yksi tai kaksi kappaletta tai niitä ei pystytty työtehtävän mukaan lajittelemaan näihin ryhmiin, koska samaa nimikettä käytettiin useissa erilaisissa altistumisissa. Tällaisia olivat esimerkiksi huoltomies, prosessimies, työntekijä, esimies. Kobolttin imeytymisnopeuteen vaikuttaa sen liukoisuus ja imeytyminen tapahtuu merkittävässä määrin hengityksen kautta (Lison 2015) sen vuoksi pyrittiin ryhmittelyssä huomioimaan myös altistavan kobolttiyhdisteen liukoisuus. Uudet ryhmät olivat asentajat, hiojat, hitsaajat, juottajat, kaivostyöntekijät, kemikaalityöntekijät, kovametallin valmistajat ja työstäjät, kuljettajat, kunnossapitomiehet poissulkien asentajat, metallin valmistuksessa työskentelevät, laboratoriotyöntekijät, keraamisten ja lasivärien kanssa työskentelevät, näytteneottajat, pesulatyöntekijät, pinnoittajat, ongelmajätteiden ja kierrätysmateriaalin kanssa työskentelevät, siivoajat, terämiehet ja metallin valajat. Jokaisessa ryhmässä oli näytteitä useammasta työpaikasta ja nämä ryhmät käsittivät lähes 5000 näytettä. Liukoiselle koboltille altistuneita voidaan arvioida olevan lähinnä kemikaali- ja laboratoriotyöntekijät. Muissa ryhmissä voi olla myös seka-altistumista niukkaliukoille ja liukoille yhdisteille. (Taulukko 4) Asentajiin laskettiin kaikki ne työtehtävät, joissa tapahtui asentamista esim. LVI-asennus, sähköasennus. Hiojat käsittivät myös kiillottajat. Kaivostyöntekijöihin lukeutui kaikki tehtävät kaivosalueella. Kemikaalityöntekijät saattoivat valmistaa tai pakata kemikaalia. Kovametallipulverin kanssa työskentelevät ja työkalujen valmistajat muodostivat ryhmän kovametallin valmistajat. Metallin valmistajat työskentelevät eri metallien valmistuksessa poissulkien kovametallin valmistus. Keraamisten ja lasivärien kanssa työskentelevissä oli myös taiteilijoita ja emaloijia. pinnoitus käsitti niin elektrolyyttisen kuin ruiskutuspinnoinnin. Terämiehet koostuivat terien korjaajista, oikojista, kiinnittäjistä. Juottajat kiinnittivät kovametallipaloja. Kuvissa 2-10 on esitetty vain niiden työntekijäryhmien vuosittaiset mediaanit, keskiarvot ja 95.persenttiilit, joissa oli useampana vuotena yli 10 mittausta ja mittauksia oli koko seurantakaudelta. Yksittäiset vuosimittaukset on jätetty kuvasta pois. Kemikaalityöntekijöiden ryhmässä on havaittavissa huomattava pitoisuuksien lasku 2000-luvulla. Myös muissa ryhmissä keskimääräiset pitoisuudet ovat olleet laskevia. Asentajat tekevät tässä poikkeuksen, koska viimevuosien mediaani ja keskiarvo ovat nousevia. Tämä johtuu parista yksittäisestä erittäin korkeasta pitoisuudesta. Jokaisessa työntekijäryhmässä löytyy yksittäisiä hyvin korkeita pitoisuuksia virtsan kobolttipitoisuuksia.

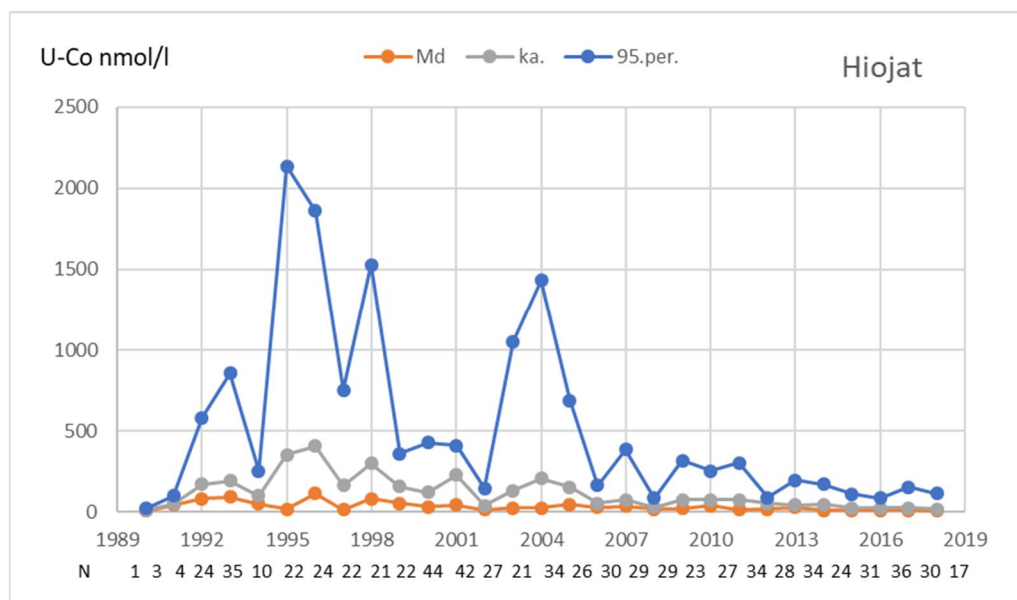


Taulukko 3. Virtsan kobolttipitoisuuksien näytemäärät, mediaanit, keskiarvot, 95. persentiilit ja maksimiarvot eri työntekijäryhmissä vuosina 1979 – 2018.

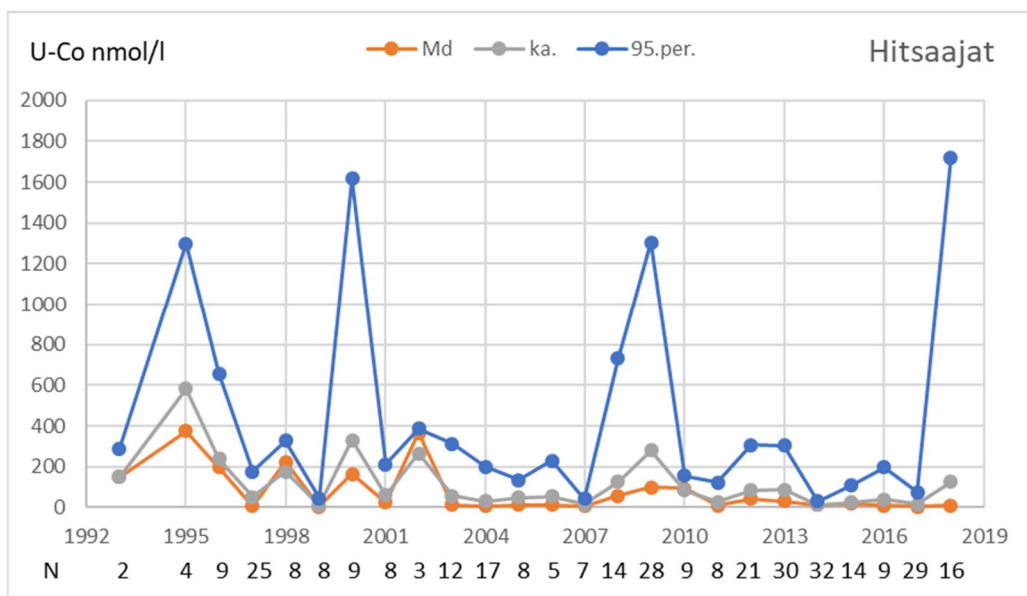
Ryhmä	N	Md	ka.	95.per.
Asentajat	472	32	175	520
Terämiehet	1165	13	68	215
Hiojat	754	24	119	457
Hitsaajat	336	18	95	378
Juottajat	52	40	121	489
Kaivostyöntekijät	131	6	124	990
Kemikaalityöntekijät	385	250	913	4315
Kovametallin valmistajat ja työstäjät	556	58	236	1252
Kuljettajat	39	88	325	1114
Kunnossapitomiehet poissulkien asentajat	91	10	110	498
Metallin valmistuksessa työskentelevät	112	25	185	849
Laboratoriotyöntekijät	172	12	34	143
Keraamisten ja lasivärien kanssa työskentelevät	346	8	60	354
Näytteenottajat	20	215	378	1249
Pesulatyöntekijät	14	18	37	162
Pinnoittajat	177	19	103	340
Ongelmajätteiden ja kierrätysmateriaalin kanssa työskentelevät	100	44	95	269
Siivoojat	41	29	140	530
Metallin valajat	15	6	17	70



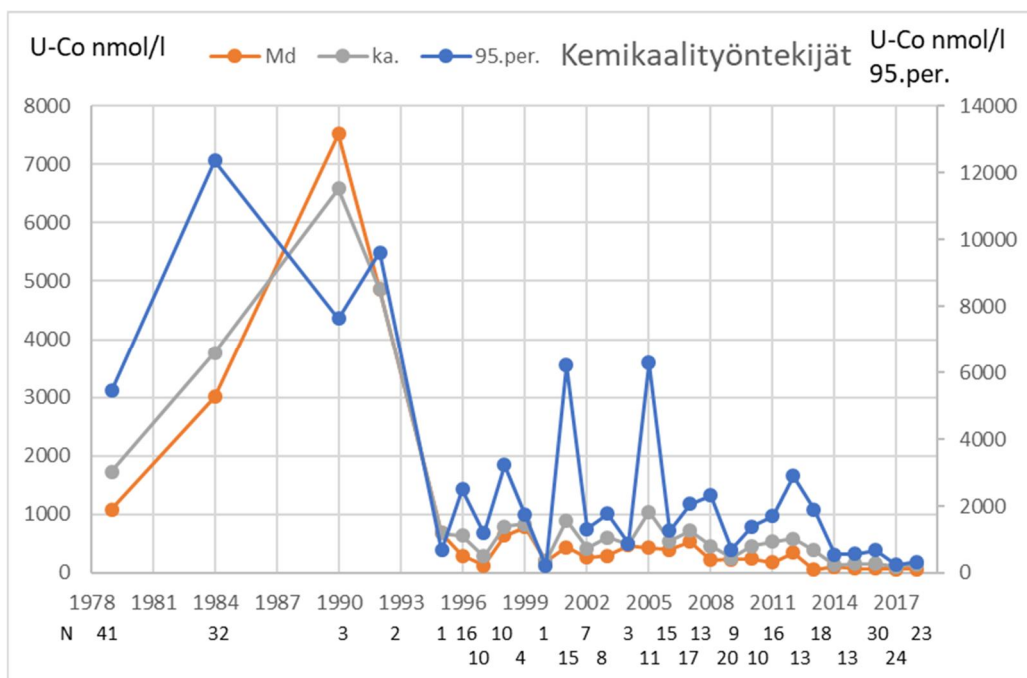
Kuva 2. Asentajat ryhmän vuosittaiset mediaanit, keskiarvot ja 95. persenttiit.



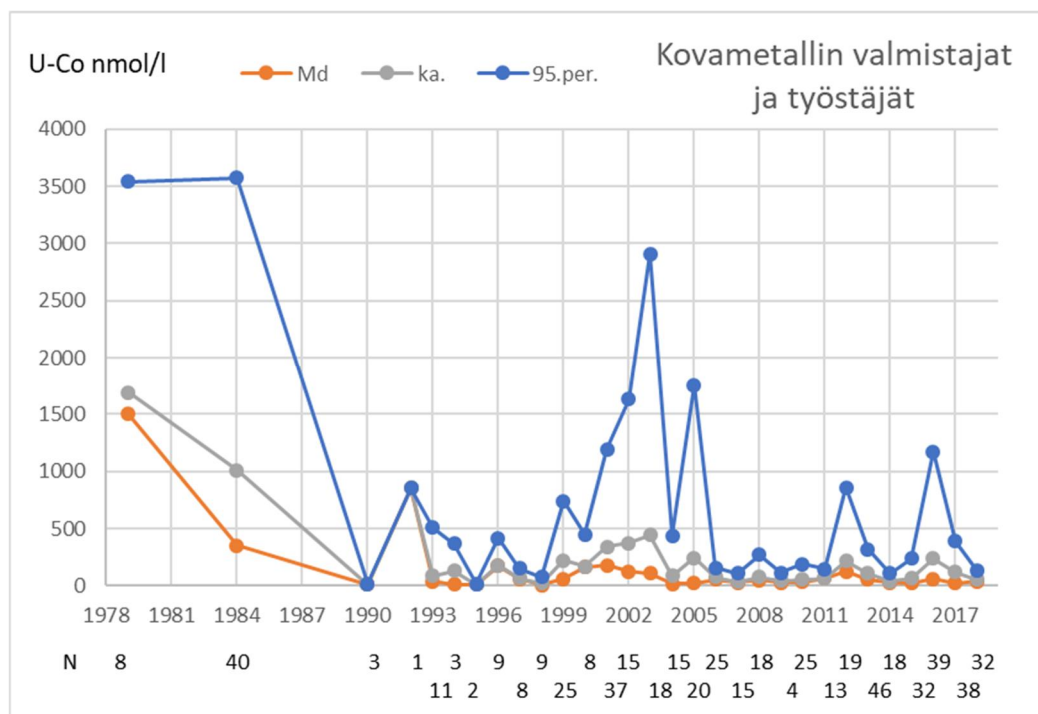
Kuva 3. Hiojat ryhmän vuosittaiset mediaanit, keskiarvot ja 95. persenttiit.



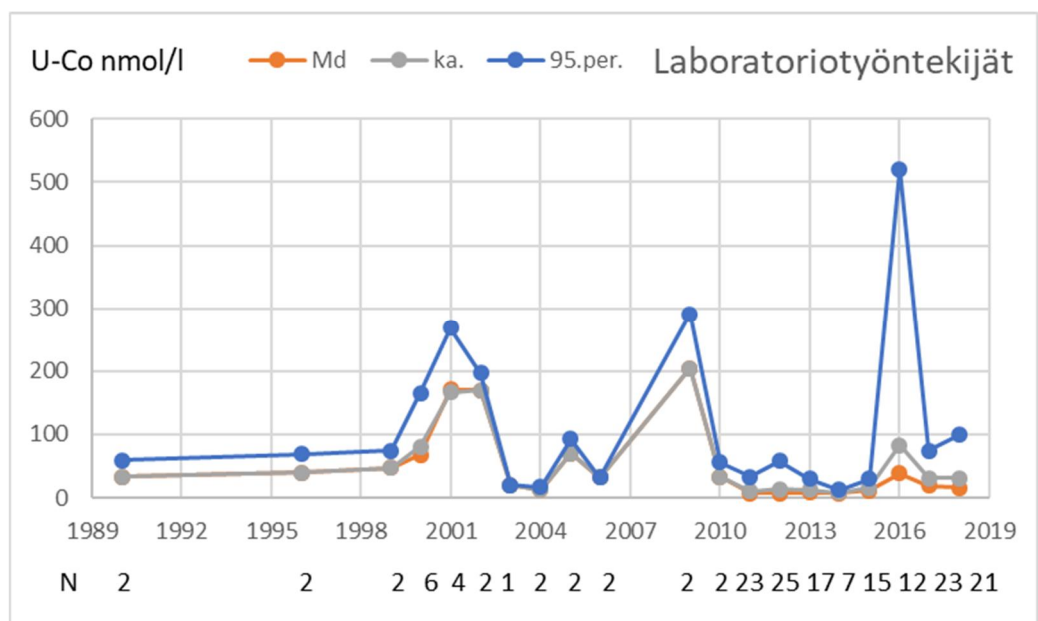
Kuva 4. Hitsaajat ryhmän vuosittaiset mediaanit, keskiarvot ja 95. persenttiit



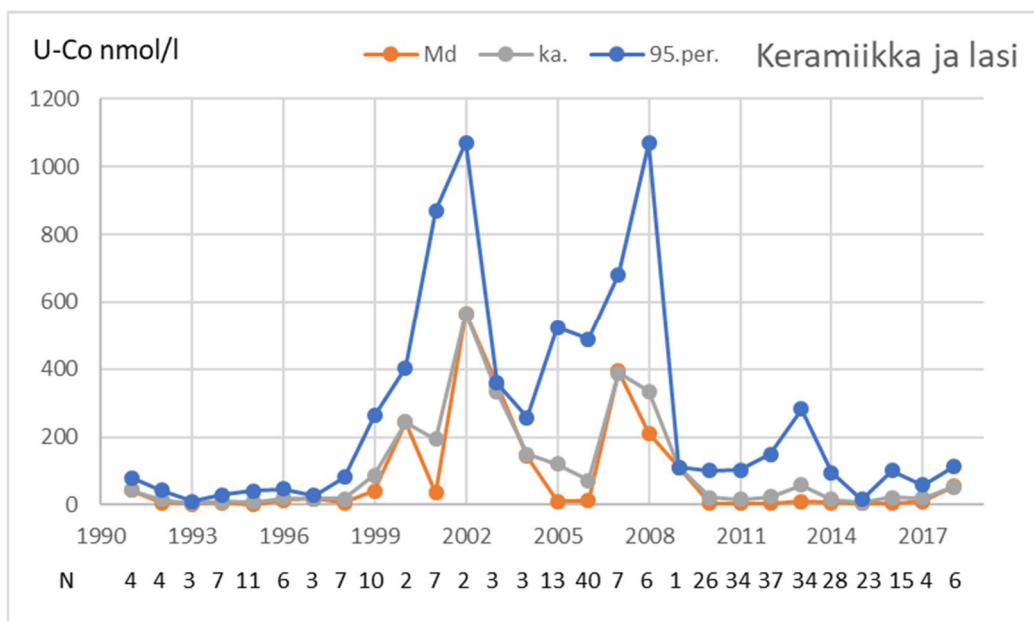
Kuva 5. Kemikaalityöntekijät ryhmän vuosittaiset mediaanit, keskiarvot ja 95.persenttiitit. Huom. eri akselit.



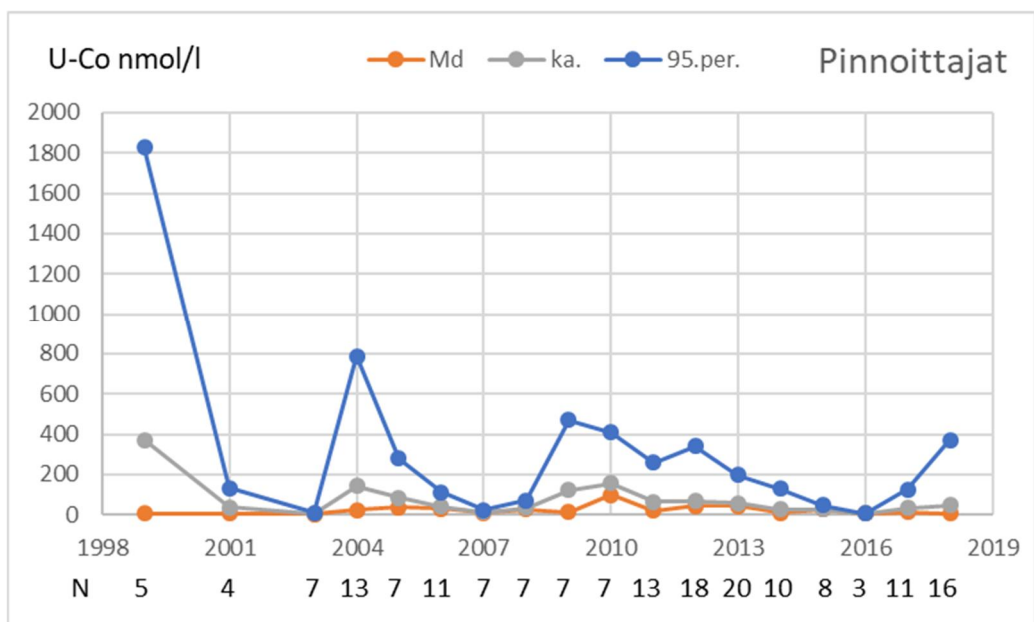
Kuva 6. Kovametallin valmistajat ja työstäjät ryhmän vuosittaiset mediaanit, keskiarvot ja 95.persentiilit.



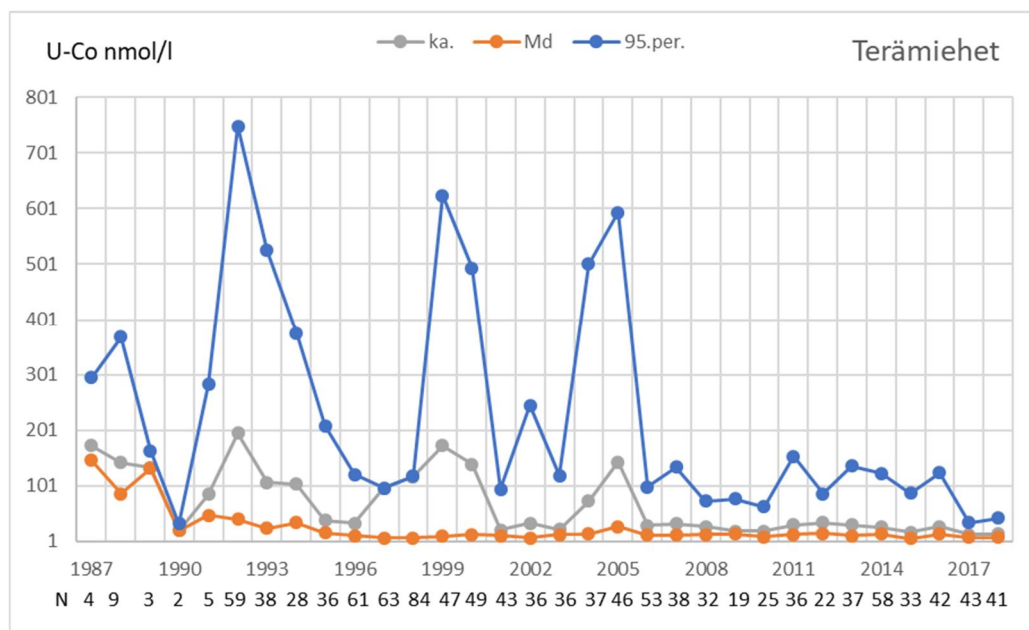
Kuva 7. Laboratoriotyöntekijät ryhmän vuosittaiset mediaanit, keskiarvot ja 95.persentiilit.



Kuva 8. Keramiikka- ja lasityöntekijät ryhmän vuosittaiset mediaanit, keskiarvot ja 95.persentiilit.



Kuva 9. Pinnoittajat ryhmän vuosittaiset mediaanit, keskiarvot ja 95.persentiilit.



Kuva 10. Teräsmiehet ryhmän vuosittaiset mediaanit, keskiarvot ja 95.persentiilit.

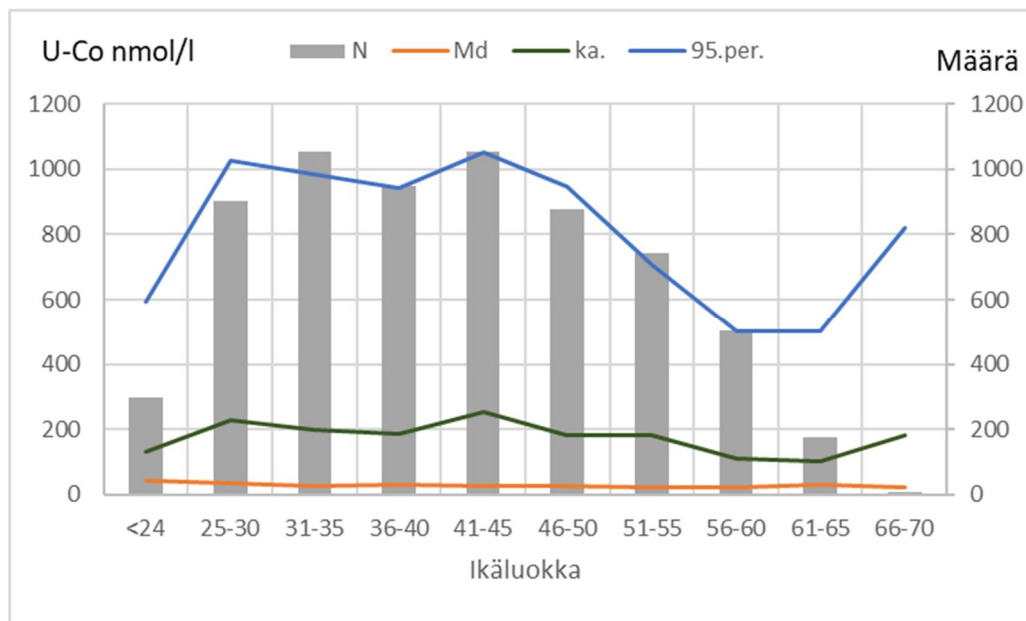
4 ALTISTUMINEN JA YMPÄRISTÖTEKIJÄT

Virtsan kobolttinäytteitä oli sekä miehiltä että naisilta. Naisten määrä kaikista altistuneista oli 8 %. Miesten ja naisten altistumistasot eivät eronneet mediaanin ja keskiarvon suhteen. Miesten ryhmässä oli kuitenkin suurimmat altistumistasot ja niitä oli selkeästi enemmän. Tupakoinnilla ei näyttänyt olevan vaikutusta altistumiseen. (Taulukko 4)

Taulukko 4. Virtsan kobolttipitoisuuden mediaani, keskiarvo ja 95. persentiili miehillä (M) ja naisilla (N). K= tupakoi, E= ei tupakoi.

Sukupuoli	Tupakointi	N	Md nmol/l	ka. nmol/l	95.per. nmol/l
M	kaikki	6023	27	197	908
N	kaikki	532	26	137	496
M	Puuttuva tieto	344	27	127	540
M	E	3588	23	161	722
M	K	2091	37	270	1252
N	Puuttuva tieto	41	13	76	133
N	E	315	23	100	207
N	K	176	45	219	728

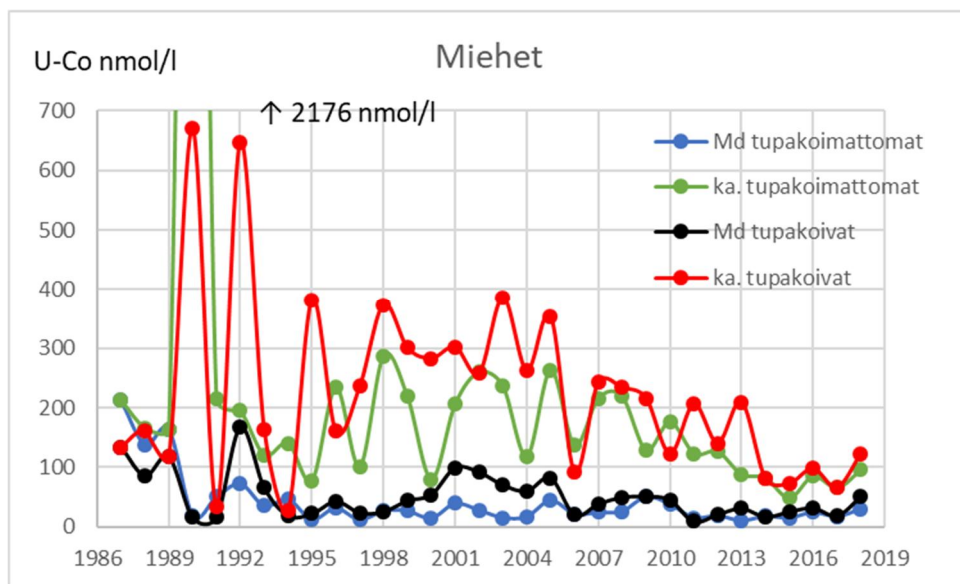
Koboltille on laskettu useampia puoliintumisaikoja: kolme nopeaa puoliintumisaikaa (0,5, 2,7 ja 59 päivää) ja yksi hidas loppuosalle (5 - 15 vuotta). (Lison 2015) Tämän vuoksi aineistosta katsottiin kobolttin kertymistä elimistöön iän mukana. Työntekijät jaettiin kymmeneen ikäluokkaan noin viiden vuoden välein: 18-23, 24-29, 20-35, 36-40, 41-45, 46-50, 51-55, 56-60, 61-65 ja 66-70. Yli 70 vuotiaita aineistossa ei ollut. Iän mukana tapahtuvaa kobolttin kertymistä elimistöön ei voitu havaita altistuneessa väestössä tarkasteltaessa mediaaneja ja keskiarvoja. (Kuva 11)



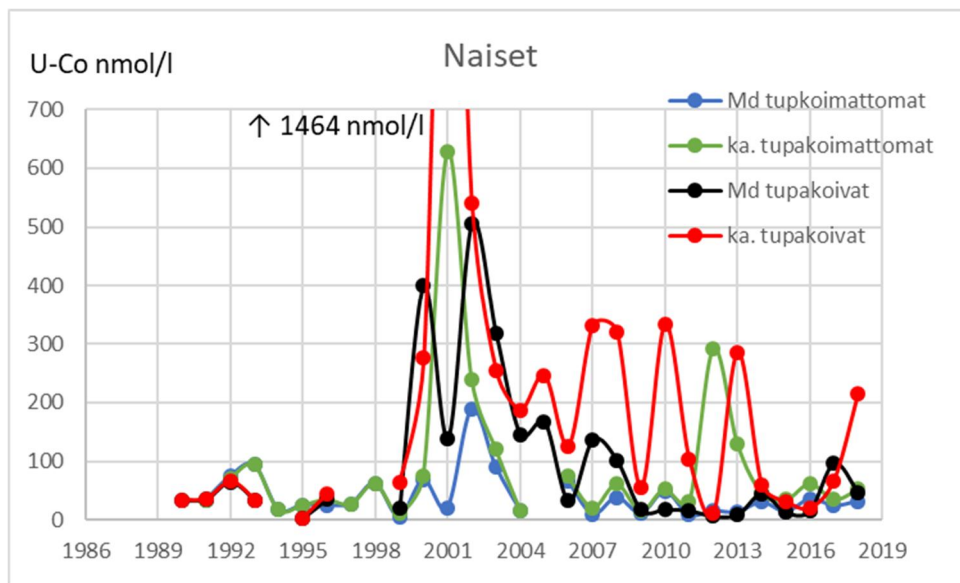
Kuva 11. Virtsan kobolttipitoisuuksien mediaanit, keskiarvot ja 95. persenttiitit eri ikäryhmissä.

Ikäryhmät jaettiin edelleen tupakointitottumusten mukaan (Kuva 12). Kaksisuuntaisella T-testillä tilastollista eroavuutta ei pystytty havaitsemaan ryhmien välillä, vaikka keskiarvopitoisuudet olivat suuremmat tupakoivilla (samankaltaisuus mediaani $P=0,0009$, keskiarvo $p=0,019$).

Tupakonnin vaikutusta altistumiseen tarkasteltiin myös koko aineiston osalta ja vuositasolla niin miehillä kuin naisilla (Kuvat 12-13). Tupakoivien miesten näytteitä oli 2091 kappaletta ja naisten 176 kappaletta. Tupakoimattomien näytteitä oli miehiltä 3588 kappaletta ja naisiltaan 315 kappaletta. Näistä ei löytynyt tilastollista eroa miesten ja naisten välillä. Ikäluokkien, sukupuolen ja tupakoinnin vaikutusta ei voitu laskea, koska ryhmät saattoivat muodostua vain yhdestä henkilöstä.



Kuva 12. Miesten virtsan kobolttipitoisuuksien mediaanit ja keskiarvot tupakoinnin mukaan.



Kuva 12. Naisten virtsan kobolttipitoisuuksien mediaanit ja keskiarvot tupakoinnin mukaan.

5 OHJERAJA-ARVON YLITYKSET

Sosiaali- ja terveysministeriö on asettanut vuonna 2016 koboltille ja sen epäorgaanisille yhdisteille altistuttaessa virtsan kobolttin ohjeraja-arvon 130 nmol/l (1214/2016). Työterveyslaitoksen toimenpideraja laskettiin 600 nmol/l :sta 130 nmol:iin vuonna 2012. Aiempi toimenpideraja vastasi ilman HTP-pitoisuutta 0,05 mg Co/m³, joka laski 0,02 mg Co/m³ vuoden 2011 Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (1213/2011).

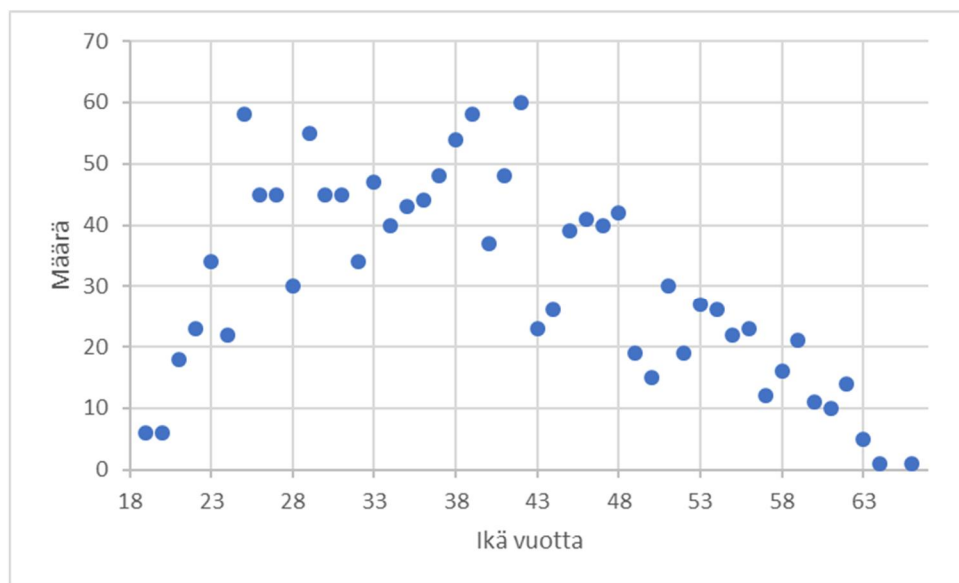
Kaikki ohjeraja-arvojen ylitykset on laskettu nykyisen 130 nmol/l ohjeraja-arvon mukaan.

Virtsan kobolttipitoisuuden 130 nmol/l ylityksiä oli 1540 näytteessä, joka on yli 23 % kaikista näytteistä. Miehillä näytteitä oli 1444 kappaletta ja naisilla 96 kappaletta. Kaikkiaan näytteitä oli 559 eri henkilöltä. Yhdeltä yksittäiseltä henkilöltä oli 34 näytettä, jossa toimenpideraja 130 nmol/l ylittyi. Näytteitä oli 55 eri toimialalta. Eniten näytteitä oli 'muiden epäorgaanisten peruskemikaalien valmistuksesta' 518 kpl, 'muiden metallituotteiden valmistuksesta' 213 kpl, 'työkalujen valmistuksesta' 196 kpl ja 'metallilankatuotteiden, ketjujen ja jousien valmistuksesta' 174 kpl. Eniten ylityksiä oli vuonna 1984 lähes 99 % kaikista näytteistä. Vuonna 2001 ylityksiä oli 41 %, 2012 26 % ja vuonna 2013 17 %. Laskeva suuntaus on havaittavissa koko ajan, sillä vuonna 2018 ylitysten määrä oli enää alle 14 %.

Jos ylittävistä näytteistä poistetaan ne näytteet kontaminoituneina, joissa virtsan kobolttipitoisuus oli yli 2000 nmol/l jää jäljelle 554 henkilön näytteet yhteensä 1428 näytettä. Tämä kertoo siitä, että viidellä henkilöllä oli 112 virtsan kobolttipitoisuuden 2000 nmol/l ylitystä. Näytteet olivat 53 eri toimialalta ja eniten näytteitä oli edelleen samoilta toimialoilta kuin kaikissa ylityksissä mukaan lukien yli 2000 nmol/l virtsan kobolttipitoisuudet. Ikäjakautuma näissä ylityksissä kertoo, että 40-vuotispäivän jälkeen ylitysten määrä vähenee selvästi (Kuva 13, Taulukko 5). Keskimäärin korkeimmat virtsan kobolttipitoisuudet olivat 46-50 vuotiaiden ryhmässä. Tuloksista voidaan todeta, että virtsan kobolttipitoisuuksien perusteella suhteellisen korkealla altistumistasolla ei voida havaita kobolttin kertymistä elimistöön iän karttuessa.

Taulukko 5. Virtsan kobolttipitoisuuksien mediaanit, keskiarvot ja 95. persenttiit ylityksissä eri ikäryhmissä. (yli 2000 nmol/l pitoisuudet poistettu).

Ikäluokka	N	Md nmol/l	ka. nmol/l	95.per. nmol/l
<24	87	247	370	971
24-29	255	309	469	1461
31-35	254	329	485	1546
36-40	241	353	503	1380
41-45	196	289	447	1437
46-50	157	335	510	1398
51-55	124	291	459	1231
56-60	83	320	459	1313
61-65	30	332	432	1179
66-70	1			



Kuva 13. Henkilöiden, joiden virtsan kobolttipitoisuus oli ≥ 130 nmol/l ja pienempi kuin 2000 nmol/l, ikäjakama näytteen antohetkellä.

Kun näytteet jaettiin aiemmin esitetysti työntekijäryhmiin, niin kaikki naiset jäivät ryhmien ulkopuolelle. Ylitukset jakautuivat eniten työntekijäryhmiin, joita ei voitu luokitella nimikkeen perusteella kuten prosessimiehet, laitos- ja huoltomiehet. Suurin ryhmä oli miehet, joita ei voitu luokitella mihinkään selvään työntekijäryhmään. Heiltä oli yli 1200 näytettä. Kaikki naiset työskentelivät esimerkiksi prosessityöntekijöinä, siistijöinä tai he eivät ilmoittaneet työtehtävänsä, jolloin heitä ei voitu myöskään luokitella työtehtävän mukaan. Vain 125 näytettä eli 8,8 % ylityksistä pystyttiin ylityksistä jakamaan työtehtävien mukaan. (Taulukko 6).

Taulukko 6. Virtsan kobolttipitoisuuksien ylitysten jakautuminen eri työntekijäryhmiin, sukupuolen mukaan ja ryhmien mediaani, keskiarvo ja 95. persentiili pitoisuudet.

Työtehtäväryhmä	Sukupuoli	N	Md nmol/l	ka. nmol/l	95.per.nmol/l
Muut	M	1212	314	475	1408
Muut	N	91	284	410	1280
Asentajat	M	63	269	417	1209
Juottajat	M	12	258	398	1091
Kaivostyöntekijät	M	11	345	517	1277
Kemikaalityöntekijät	M	39	451	579	1616

Kun tarkasteltiin ylitysten pitoisuuksia sukupuolen suhteen, voidaan havaita, että naisilla oli keskimääräisesti matalammat pitoisuudet kuin miehillä (Taulukko 7).

Taulukko 7. Virtsan kobolttipitoisuuksien ylitysten mediaanit, keskiarvot ja 95.persentiili jaoteltuna sukupuolen mukaan.

Sukupuoli	N	Md nmol/l	ka. nmol/l	95.per.nmol/l
M	1337	317	475	1398
N	91	284	410	1280

Tupakoinnin vaikutusta tutkittiin virtsan kobolttipitoisuuden yli 130 nmol/l ja alle 2000 nmol/l ryhmässä niin tupakoinnin kuin tupakoinnin ja sukupuolen suhteen. Tilastollista käsittelyä ei voitu tehdä puuttuvan tiedon ryhmässä naisilla, koska näytteiden määrä oli vain 3. Tilastollista eroa ei voida havaita missään ryhmässä keskiarvoisissa pitoisuuksissa.

Korkeimmat virtsan kobolttipitoisuuksien 95. persentiilit löytyivät naisilta, tupakointi tieto puuttuu ja tupakoimattomat. (Taulukko 8)

Taulukko 8. Virtsan kobolttipitoisuuksien ylitysten mediaanit, keskiarvot ja 95. persentiilit jaoteltuna tupakoinnin (K= tupakoi, E= tupakoimaton) ja sukupuolen (M=miehet, N=naiset) mukaan.

Sukupuoli	Tupakointi	N	Md nmol/l	ka. nmol/l	95.per.nmol/l
Kaikki	Puuttuva tieto	83	335	443	1095
Kaikki	E	726	310	473	1398
Kaikki	K	619	313	473	1398
M	Puuttuva tieto	80	334	432	1088
M	E	697	314	474	1394
M	K	560	315	483	1424
N	Puuttuva tieto	3	438	733	1629
N	E	29	207	435	1729
N	K	59	303	381	1069

6 YHTEENVETO

Virtsan kobolttipitoisuudet ovat olleet erittäin korkeita koko seurantajakson ajan. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (538/2018) virtsan kobolttin ohjeraja-arvon ylitysten määrä on edelleen vuonna 2018 merkittävä (yli 14 %), vaikkakin ylitysten määrä näyttäisi laskevan jonkin verran.

Eniten altistumismittauksia on tehty 'muiden epäorgaanisten peruskemikaalien valmistuksessa', 'työkalujen valmistuksessa', puun sahauksessa, höyläyksessä ja kyllästyksessä ja 'muiden metallituotteiden valmistuksessa'. Korkeimmat virtsan kobolttin mediaanipitoisuudet niiltä toimialoilta, joissa oli 20 tai enemmän mittauksia koko tarkastelujakson 1979-2018 aikana löytyivät 'metallilankatuotteiden, ketjujen ja jousien valmistuksesta', 'lyijyn, sinkin ja tinan valmistuksesta', 'teliikenteen tavarankuljetuksesta', 'muiden epäorgaanisten peruskemikaalien valmistuksesta' ja 'sähköasennuksista'. Vuonna 2018 tilanne oli selkeästi erilainen yli 10 näytettä tulleilla toimialoilla korkeimmat mediaanipitoisuudet olivat 'muiden epäorgaanisten peruskemikaalien valmistuksessa' (62 nmol/l), 'ongelmajätteen käsittelyssä, loppusijoituksessa ja hävittämisessä' (46 nmol/l), 'muiden metallituotteiden valmistuksessa' (37 nmol/l), 'metallien käsittelyssä ja päällystämässä' (28 nmol/l), 'työkalu- ja tarviketukkaupassa' (26 nmol/l) ja 'työkalujen valmistuksessa' (26 nmol/l). Nämä arvot olivat selkeästi alle ohjeraja-arvon 130 nmol/l. Ongelmana näyttääkin olevan yksittäiset suuret altistumiset, jotka nostavat vuoden keskiarvot ja 95. persentiilit hyvin korkeiksi.

Vaikka osa kobolttista poistuu hitaasti elimistöstä, niin altistuvien työntekijöiden ryhmässä ei voitu havaita kobolttipitoisuuksien kasvavaa suuntausta iän myötä vaan päin vastoin altistumistasot laskivat 40 ikävuoden jälkeen keskimääräisesti. Myöskään tupakoinnilla ei näyttänyt olevan vaikutusta altistumiseen. Tämä johtunee siitä, että tupakoinnin kautta saatava kobolttin määrä on hyvin pieni verrattuna altistumiseen. Naisia altistuneista oli selkeästi vähemmän kuin miehiä ja sukupuolella ei näyttäisi olevan merkitystä altistumiseen.

Asentaja-, juottaja-, kaivostyöntekijä- ja kemikaalityöntekijäryhmissä oli suurimmat altistumiset. Kuitenkin ne muodostivat vain 8,8 % kaikista ohjeraja-arvon ylityksistä. Prosessityöntekijöitä, huolto- ja laitosmiehiä ei voitu luokitella mihinkään tiettyyn työntekijäryhmään kuuluvaksi. Ne jäivätkin suurelta osin luokittelun ulkopuolelle. Kokonaisaltistumista seurattaessa vuosisatasolla suurimmissa altistuvien työntekijöiden ryhmissä, voidaan havaita, että kemikaalityöntekijöiden, kovametallin kanssa työskentelevien, hiojien ja terämiesten keskimääräiset altistumistasot ovat laskeneet huomattavasti viime vuosisadan korkeista pitoisuuksista – tosin silloin myös näytemäärät olivat vähäisempiä – ja ovat pysyneet melko vakaina viimeiset vuodet. Selkeät nousut pienemmissä työntekijäryhmissä aiheutuvat havaintojen pienestä määrästä tarkasteluvuotena ja yhdestä korkeasta pitoisuudesta tässä ryhmässä.



7 TULEVAISUUDESSA HUOMIOITAVA

Koboltin käyttösovellusten laajentuessa uusille alueille tulee heti alussa kiinnittää huomiota oikeanlaiseen työhygieniaan ja oikeanlaiseen henkilökohtaisten suojainten käyttöön.

LÄHTEET

HTP-arvot 2016, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2016:8.

HTP-arvot 2018, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2018:9.

Lison, D. (2015). Cobalt. Ch 34. In: Handbook on the toxicology of metals. G. F. Nordberg, B. A. Fowler, and M. Nordberg. London, Elsevier: 743-763.

Tämän kirjan tiedot perustuvat Työterveyslaitoksella vuoden 2018 loppuun mennessä työperäisen altistumisen selvittämistä varten tulleisiin virtsan kobolttinäytteisiin. Tulokset on koodattu vuoden 2008 toimialaluokituksen mukaan. Tuloksia tarkasteltiin työtehtävän, iän, sukupuolen ja tupakointitietojen perusteella. Tulosten arvioinnissa käytettiin toimenpiderajana virtsan koboltille 130 nmol/l, jonka sosiaali- ja terveysministeriö on asettanut ohjeraja-arvoiksi koboltille ja sen epäorgaanisille yhdisteille altistuttaessa.

Virtsan kobolttipitoisuudet ovat olleet erittäin korkeita koko seurantajakson ajan. Virtsan koboltin ohjeraja-arvon ylitysten määrä oli vuonna 2018 yli 14 %, vaikkakin ylitysten määrä näyttäisi laskevan tällä vuosikymmenellä. Virtsan kobolttipitoisuuksien mediaanit olivat yleisesti alle ohjeraja-arvon. Ongelmana näyttääkin olevan yksittäiset suuret altistumiset, joita havaitaan useilla toimialoilla vuosittain.

Työterveyslaitos
Arbetshälsoinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

PL 40, 00032 Työterveyslaitos

www.ttl.fi

ISBN 978-952-261-900-6 (nid.)
ISBN 978-952-261-901-3 (PDF)